



DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO
PUBBLICO LOCALE


S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5

*Provincia di Firenze e Arezzo
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco
Piandiscò e San Giovanni Valdarno*



PROGETTO DEFINITIVO

**ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA:
INDAGINI GEOFISICHE**

C.U.P. D31B1800053002		EL. N.	
R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo		DB0104Pb_0	Data revisione elaborato: 29/07/2021
PROGETTISTA: Ing. Alessio Gensini	COLLABORATORI:	 GEOTecno Geologia Tecnica e Ambientale Firenze, via Nino Bixio 9 Dott. Geol. Marco Vanacore	

SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE
FIRENZE - PRATO - PISTOIA

TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini
Via Mazzini, 18
52011 Soci (AR)
P.IVA 02024110518
info@trigeo.it

FIRENZE

Via Nino Bixio, 9
50131 Firenze
firenze@trigeo.it
T/F 055 400619
M 328 7213928

AREZZO

Via Petrarca, 33
52100 Arezzo
arezzo@trigeo.it
T/F 0575 294500
M 339 2288117

RELAZIONE TECNICA

“PROSPEZIONE DI SISMICA IN FORO TIPO DOWN HOLE – S1 (ONDE P ED SH) CALCOLO Vs,Eq D.M. 17/01/2018 – MISURA DI RUMORE SISMICO A STAZIONE SINGOLA HVSR”

CANTIERE S.R. 69 T. LOC. FAELLA – CASTELFRANCO
PIANDISCÒ - AREZZO

COMMITTENTE : REGIONE TOSCANA

REGIONE
TOSCANA



16 – NOVEMBRE - 2020



CERTIFICATO
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE
NON DISTRUTTIVE E
SEMIDISTRUTTIVE
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fac. 0575 294500 - 056 990212
Cell. 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

INDICE

INTRODUZIONE3

INDAGINE DOWN HOLE6

1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI.....6

2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO.....6

3.0 ELABORAZIONE DATI9

 3.1 PARAMETRI ELASTICI DINAMICI10

4.0 RISULTATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE - SONDAGGIO S1 11

INDAGINE HVSR..... 12

5.0 SIGNIFICATIVITÀ E CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE..... 12

6.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 12

7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE 13

8.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR 14

ALLEGATI 16

INTRODUZIONE

Il presente lavoro eseguito nel mese di **Novembre 2020**, è svolto per incarico della committenza e riguarda un'indagine mediante prospezione sismica verticale in pozzo di tipo DOWN-HOLE ed una misura di rumore sismico a stazione singola HVSR; Le indagini sono state programmate con il tecnico incaricato **Dott. Geol. Marco Vanacore**, ed eseguite allo scopo di fornire la caratterizzazione dei suoli di fondazione del **Cantiere S.R. 69 T., ubicato in Loc. Faella – Comune di Castelfranco Piandiscò (AR) (Figura 1)**.



Figura 1. Ubicazione delle indagini: Loc. Faella – castelfranco Piandiscò (AR).

L'indagine **Down-Hole**, ha come obiettivo quello di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio, ai fini della classificazione del sottosuolo secondo le Nuove Norme Tecniche 2018.

L'impiego combinato delle onde di compressione e quelle di taglio consente di caratterizzare dinamicamente, tramite il calcolo delle velocità di propagazione delle onde compressionali (P) e di Taglio (SH), le litologie presenti nell'area d'indagine e determinarne la geometria (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo.

I tempi di arrivo delle onde S ricavati dal Down Hole permettono di ottenere sui primi 30 m (o al di sopra del substrato sismico) le cosiddette $V_{s,eq}$, così come richiesto dal D.M. 17/01/2018 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1}^N h_i / V_{s,i}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali, è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta delle fondazioni.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Le “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” definiscono 5 tipologie di suoli principali:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **V_{s,eq}**.

In funzione del valore qui calcolato, dell'ubicazione dell'intervento lungo lo stendimento e dell'effettivo piano di posa delle fondazioni previste, il tecnico incaricato potrà assegnare la corretta categoria di suolo di fondazione così come previsto dal D.M. 17/01/2018 NTC 2018.

Di seguito viene descritto lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

INDAGINE DOWN HOLE

1.0 PRESENTAZIONE ELABORATI

In riferimento ai dati ottenuti dall'indagine sismica verticale in pozzo con tecnica DOWN-HOLE, la relazione è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante:

- Tavole 01-02: ubicazione indagini con coordinate WGS84 in scala 1.10.000 e 1.500.
- Tabelle con i tempi d'arrivo (onde P - Tabella 1 ed SH - Tabella 2) originali e corretti in funzione della profondità di misura;
- Diagramma delle dromocrone, dove in grigio viene riportato l'andamento delle onde P ed in viola quello delle onde SH;
- Tabella riassunti dei valori V_p , V_{sh} , V_p/V_{sh} e coefficiente di Poisson;
- Diagramma ad istogrammi delle velocità onde P ed SH, del rapporto V_p/V_{sh} e dell'andamento in profondità del Coefficiente di Poisson;
- Tavole 03 e 05 Sismogrammi geofoni bocca pozzo onde P ed SH.
- Tavole 04 e 06 con Sismogrammi onde P ed onde SH;

2.0 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E SCHEMA OPERATIVO

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB; **Distortion:** 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at ≤ 100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24

dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uf; **Preamplifier Gains; Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, si tratta di un geofono da pozzo, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz. che registrano le tre componenti del moto, due orizzontali, ortogonali fra loro ed una verticale;

Geostuff BHG3 con queste caratteristiche:

BHG-3 Borehole Geophone
<i>Diameter: 48 mm (1.9 in)</i>
<i>Length: 1.1 m (44 in)</i>
<i>Weight: 3.4 kg (7 lb)</i>
<i>Compass: fluxgate sensor, powered from same DC voltage as clamp mechanism.</i>
<i>Maximum inclination: +/- 90 degrees from vertical with standard 15-Hz sensors, much less with optional sensors.</i>
<i>Orientation Accuracy: better than 5 degrees</i>
<i>The flux gate compass will not function in steel-cased boreholes.</i>
<u>Cable</u>
<i>7-conductor, with two copper and 5 copperweld conductors, Kevlar-reinforced, polyurethane-jacket cable, with Reed Products SU-8 female connector molded on wet end.</i>
<i>Specifications are subject to change without notice for product improvement or other considerations. For more information, contact:</i>



La generazione di onde P è avvenuta mediante una massa battente (nel caso specifico una mazza da 8 kg) ad impatto verticale, mentre per quel che riguarda la produzione di onde SH si utilizza generalmente una trave di circa 2.00 m di lunghezza. La Trave è resa solidale al terreno mediante l'applicazione di un carico (rappresentato nel nostro caso dalla stessa autovettura). La tavola viene colpita lateralmente dalla massa battente, in modo da generare onde di taglio SH ad elevata energia, inoltre per facilitare la genesi di onde di taglio è stato disposto sotto la trave uno strato sottile di materiale a granulometria fine. Per poter riconoscere in maniera inequivocabile sui sismogrammi le onde di taglio SH, che non

costituiscono mai la prima fase, sono state effettuate energizzazioni ai due estremi della tavola, in modo da generare treni d'onda identici, ma in opposizione di fase. Ogni energizzazione viene quindi memorizzata su supporto magnetico sia singolarmente che, invertendo la fase, come somma.

La tecnica di prospezione sismica "Down-Hole" prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione, posto in superficie ed i punti di ricezione nel foro di sondaggio (**Figura 2**).

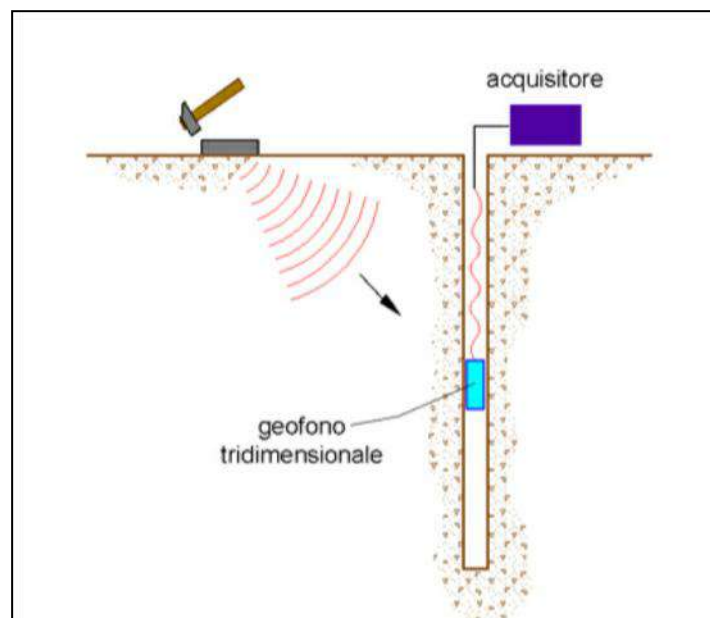


Figura 2: Schema Down-Hole.

Per quanto riguarda il rilievo, dopo alcune misure test è stata determinata l'orientazione più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori; quindi sono state eseguite misure di controllo ogni 5 m in discesa e le misure definitive ogni metro in risalita (da 31 m sino al piano di campagna, poiché l'ingombro del sensore è pari a un metro in altezza). L'intervallo di campionamento è stato fissato in 0.125 msec ed è stata scelta una lunghezza della registrazione pari a 1024 msec.

Oltre al consueto sistema con funzione *trigger*, posizionato nel punto di energizzazione, all'imboccatura del pozzo sono stati posti due geofoni uno per le onde P ed uno per le onde SH, di riferimento o controllo trigger, rimasti fissi per tutta la fase di acquisizione dati; tale procedura ha permesso di correggere le eventuali discrepanze nei

tempi d'arrivo di energizzazioni relative a quote diverse. In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

- **canale 01:** geofono di riferimento trasduttore verticale - controllo trigger;
- **canale 02:** geofono di riferimento trasduttore orizzontale - controllo trigger;
- **canale 03:** geofono – trasduttore orizzontale (y);
- **canale 04:** geofono – trasduttore orizzontale (x);
- **canale 05:** geofono – trasduttore verticale (z).

Geometria del sistema di acquisizione e risultati :

distanza foro – sorgente onde P: m 2.00

distanza foro – sorgente onde SH: m 2.00

distanza intergeofonica: i = m 1.00

3.0 ELABORAZIONE DATI

Il primo passo nel “Processing data” è quello di individuare direttamente su ciascuna traccia il tempo del primo arrivo. Successivamente mediante un foglio di calcolo, riportato negli allegati, i tempi letti sono stati corretti in funzione dello scarto di trigger ed in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la seguente formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

indicata con **z** la profondità del ricevitore, con **d** la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore e con **R** la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro, con **t** il tempo determinato dalle tracce di registrazione e con **t*** il tempo corretto.

Per il calcolo delle velocità delle onde sismiche (onde P ed onde SH) dei vari strati si è proceduto utilizzando la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità.

Nelle tabelle 1 e 2 sono rappresentati i tempi d'arrivo (onde P ed SH) originali e corretti in funzione della profondità di misura (poi rappresentati nei grafici 1-2).

Nel Grafico 1, sono rappresentate le Dromocrone sia delle onde compressionali P che di quelle di taglio SH; in ascisse si hanno i tempi di percorrenza misurati in m/sec ed in ordinate le corrispondenti profondità in metri da bocca pozzo. Nel Grafico 2, sono invece rappresentate le velocità V_p calcolate per le onde di compressione o primae e le velocità V_{SH} calcolate per le onde di taglio o secundae, sottoforma di istogrammi cumulativi; anche in questo caso, in ordinate, si hanno le profondità in metri da bocca pozzo mentre in ascisse i corrispondenti valori di velocità in m/s. Nel diagramma sono riportate le velocità calcolate per ogni intervallo.

3.1 PARAMETRI ELASTICI DINAMICI

L'utilizzo combinato delle velocità delle onde P ed onde SH consente, in associazione ai dati geotecnici, di fornire una caratterizzazione del sito/terreno in esame in termini di deformabilità dei materiali. Le velocità di propagazione delle onde compressione e di taglio sono legate alla densità ρ ed ed alle coppie di moduli elastici E e ν o λ e μ dalle relazione:

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}} = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Nota la densità dalla misura di tali velocità si risale al valore dei moduli; i metodi sismici di tipo tradizionale permettono di ricavare i cosiddetti moduli “dinamici” di un materiale. I moduli così definiti possono fornire indicazioni utili alla verifica dei carichi e delle spinte da parte di manufatti sul terreno di fondazione.

Nella presente relazione è stato calcolato il seguente parametro:

- Coefficiente di Poisson (ν).

Il modulo o coefficiente adimensionale di Poisson (σ) che esprime il rapporto tra le deformazioni trasversali e le deformazioni longitudinali indotte nel mezzo; può assumere valori compresi tra 0 e 0.5, i valori più alti indicano generalmente comportamenti più plastici. Il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

4.0 RISULTATI DELL'INDAGINE DOWN HOLE – SONDAGGIO S1



Fase di acquisizione indagine Down Hole.

Profondità in m	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
0.0-1.0	455	275
1.0-7.0	550	290
7.0-12.0	950	305
12.0-33.0	1770	395

Nella Tabella sopra sono riportate le velocità (Vp-Vsh) calcolate per ogni intervallo sismo stratigrafico individuato; Dai valori di velocità in m/s ricavati dalle dromocrone dei tempi di percorso sia delle onde sismiche compressionali (P) sia delle onde di taglio (SH) (GRAFICO 1), risulta evidente un primo livello caratterizzato da sabbie ghiaiose-limose e terreno rimaneggiato tra **0.0 e 1.0 m**, con velocità delle onde P di ca. **455 m/s** e delle Onde SH di ca. **275 m/s**, oltre il quale da **1.0-7.0 m**, sono presenti alternanze di sabbia fine con limo e limi sabbiosi, che presentano velocità delle onde P di ca. **550 m/s** e delle onde SH di ca. **290 m/s**. Più in profondità, dai **7.0 ai 12.0 m**, si individua un livello di ghiaie eterometriche con clasti eterogenei, caratterizzate da velocità delle onde P di ca. **950 m/s** e delle onde SH di ca. **305 m/s**. Infine, dai **12.0 ai 33.0 m**, sono presenti argille con limo, caratterizzate da velocità delle onde P di ca. **1770 m/s** e delle onde SH di ca. **395 m/s**.

La V_{sEq} calcolata, in ottemperanza al nuovo D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, è risultata essere pari a:

$V_{s eq} = 347 \text{ m/s}$ dal piano campagna

$V_{s eq} = 356 \text{ m/s} - 2.0 \text{ m}$ dal piano campagna

INDAGINE HVSR

5.0 SIGNIFICATIVITÀ E CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

La misura di rumore sismico a stazione singola è stata eseguita come riportato in Tavola 02. La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio. Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

Dal punto di vista pratico, nelle prove di sismica passiva si tratta di misurare vibrazioni del terreno caratterizzate da ampiezze molto piccole. Questo implica che la prova vada effettuata con cura, soprattutto per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento di misura con il terreno e la riduzione delle possibili fonti di disturbo nelle immediate vicinanze dei sensori. Lo strumento di misura va dunque posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo, possibilmente senza interfacce intermedie.

6.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere: SISMOMETRO SR04S3 "GeoBox" della Sara electronic instruments, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz.

I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtremori.

7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Le misure H/V possono essere utilizzate negli ambiti:

- 1) della microzonazione sismica (uso esplorativo)
- 2) della stratigrafia sismica, nel qual caso la tecnica aspira a fornire indicazioni di tipo quantitativo sul profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (uso stratigrafico).

In questo contesto, le misure H/V hanno lo scopo di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica dando indicazioni sulle frequenze interessate dal fenomeno. In funzione di questi risultati è possibile fornire indicazioni qualitative e relative sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili. Elementi chiave di questo genere di applicazione delle misure H/V sono: un buon controllo geologico dell'area di interesse e la disponibilità di un campione significativo di siti di misura (almeno 2 o 3) per ciascuna delle diverse unità litologiche o formazioni affioranti nella zona esplorata e potenzialmente interessanti ai fini della caratterizzazione sismica. Vengono prese in considerazione solo misure di classe A o B secondo la classificazione riportata sopra.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Vengono distinte le misure nelle quali è presente almeno un picco della curva H/V statisticamente significativo nell'intervallo di frequenze di interesse (misure di Tipo 1 secondo la classificazione di Albarello et al. 2010) e quelle dove non ci sono picchi significativi (misure di Tipo 2). Le prime saranno rappresentative di siti o unità litologiche caratterizzate da possibili fenomeni di risonanza.

Se tutte le stime H/V dell'area sono state ottenute utilizzando le stesse procedure numeriche per l'analisi del dato (durata delle misure, ampiezza e caratteristiche delle finestre di lisciamento, ecc.) sarà possibile distinguere in prima approssimazione le aree dove ci si aspetta la presenza nel sottosuolo di variazioni significative del contrasto di impedenza sismica alla base delle coperture (ampiezza H/V > 3) da zone dove questi contrasti hanno ampiezze ridotte (H/V < 3). Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un

abaco utile in questo senso, che è stato utilizzato nell'ambito delle attività per il livello1 di microzonazione sismica nell'area interessata dal terremoto aquilano dell'Aprile 2009 (Albarello et al., 2010), è fornito in Tabella 1. Va sottolineato ancora una volta che i risultati prodotti a partire da un'interpretazione semplificata delle misure H/V, quale quella effettuata mediante la Tabella 1 hanno carattere statistico e semiquantitativo e vanno considerati solo previo confronto con le indicazioni derivanti da prove indipendenti.

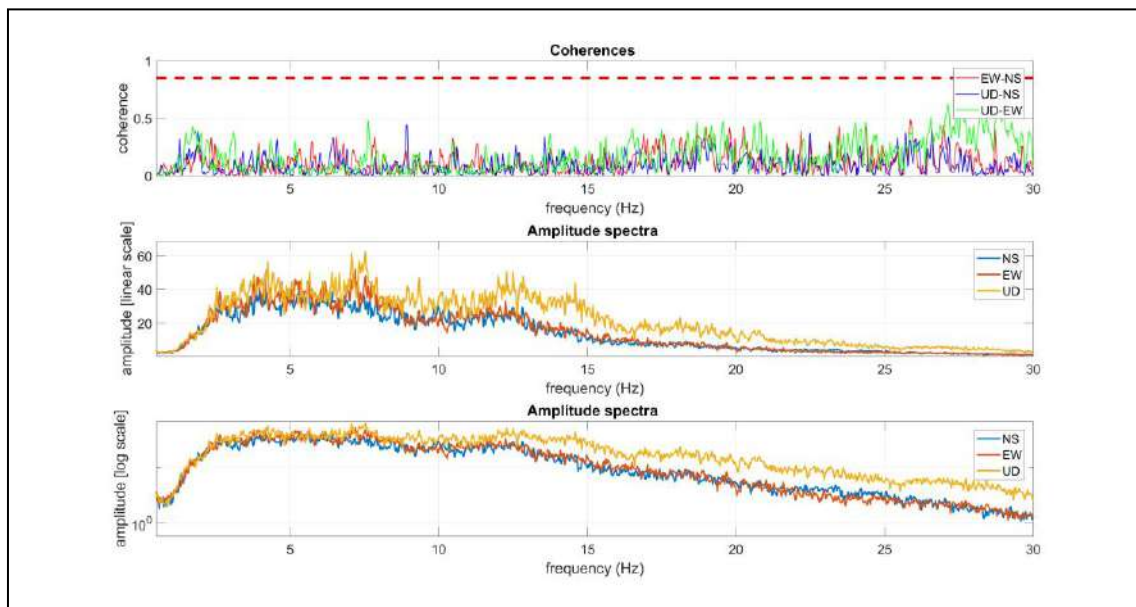
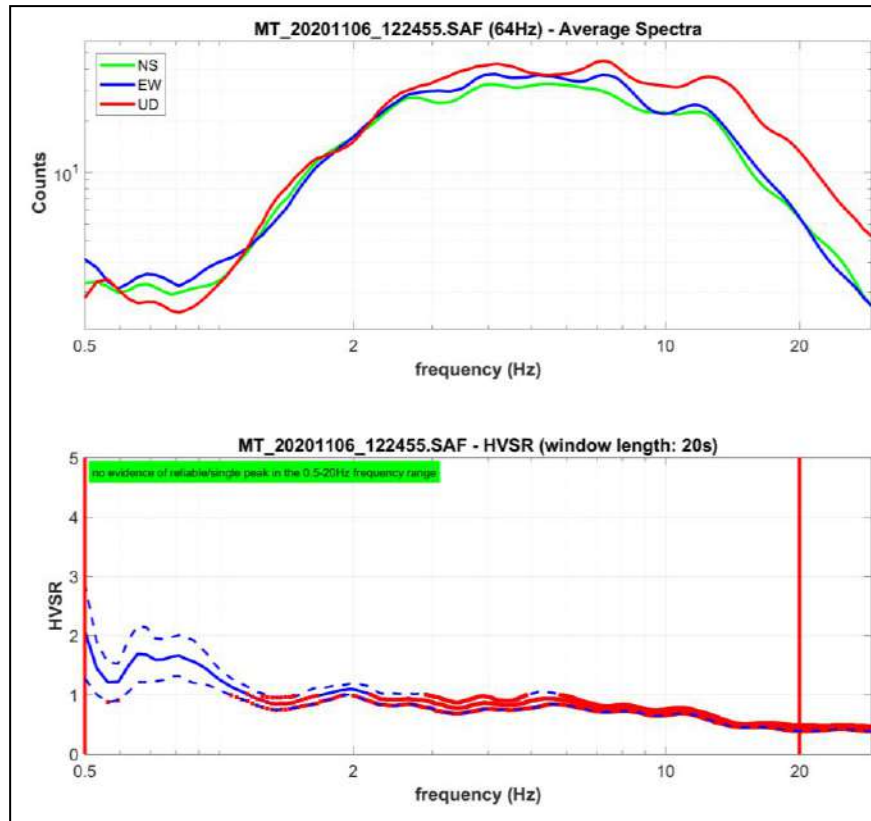
8.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE HVSR

Vengono qui riportati i Report dell'elaborazione della misura eseguita secondo la tecnica H/V mediante software **WINMASW 2018 Academy**. I dati registrati sono stati ripuliti dai transienti attribuibili a disturbi locali e puntuali. Sui dati ripuliti è stata quindi eseguita l'elaborazione.

La misura di rumore sismico non ha evidenziato la presenza di picchi stratigrafici significativi.



Fase di acquisizione misura di rumore sismico HVSR.



Arezzo, li 16/11/2020

TRIGEO s.p.a.
 di Napolitano Adriano e Burcinetti Benedetto
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOC (AR)
 P.IVA 02064110518
 Tel/Fax: 0575.234500 - 055.9062212
 Cell: 339.2288112 - 339.7219924
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

ALLEGATI



LEGENDA

● Indagine Down Hole

Coordinate WGS84

43°:364933 N : 11°:300246 E

● Misura di rumore sismica HVSR

Coordinate WGS84

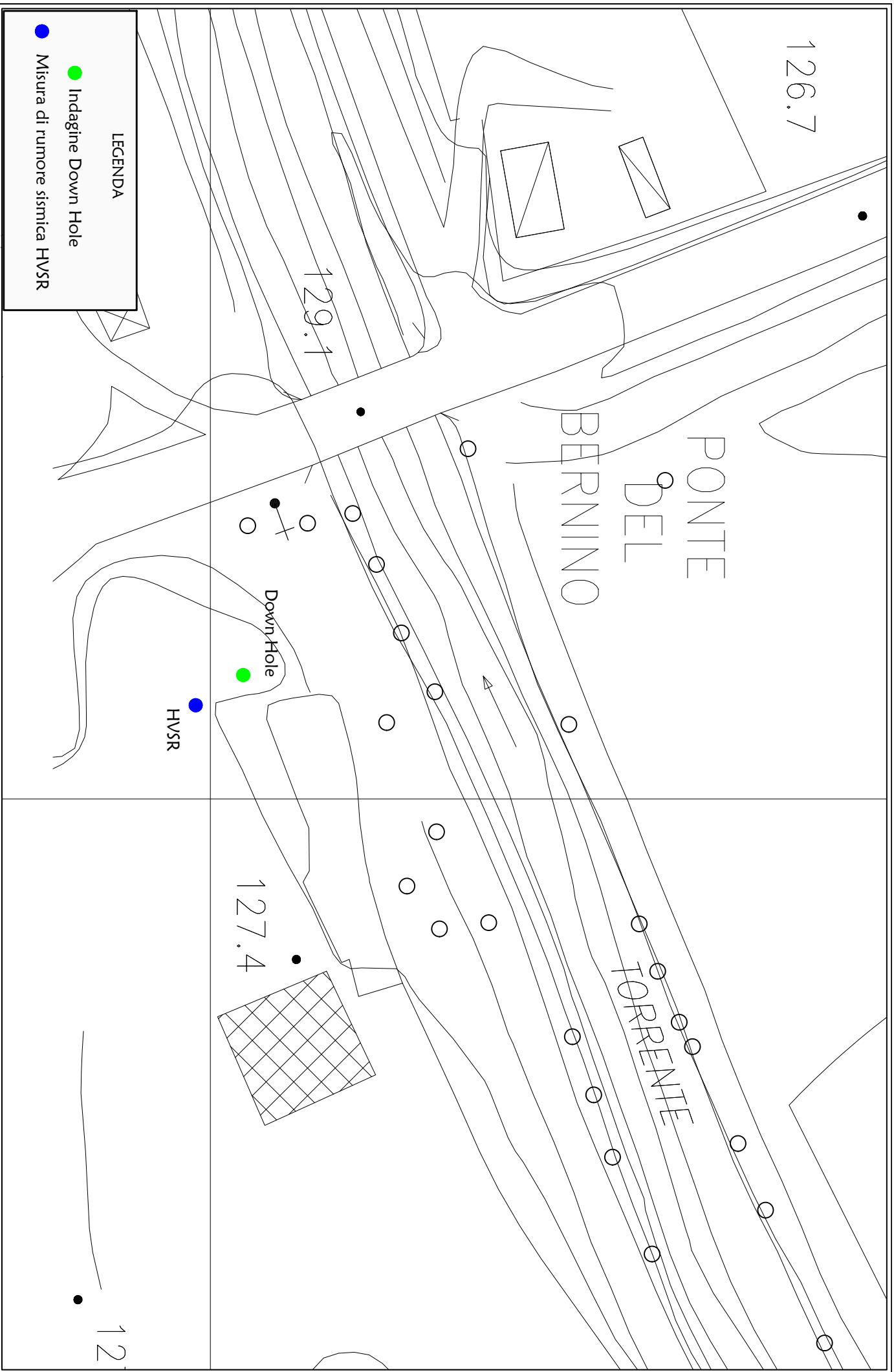
43°:364928 N : 11°:300278 E

Scala 1: 10.000

Novembre 2020

Tavola 01 - Planimetria generale - Loc. Faella - Castelfranco Piantiscò (AR)

TRI+GEO



LEGENDA

- Indagine Down Hole
- Misura di rumore sismica HVSr

Scala 1: 500

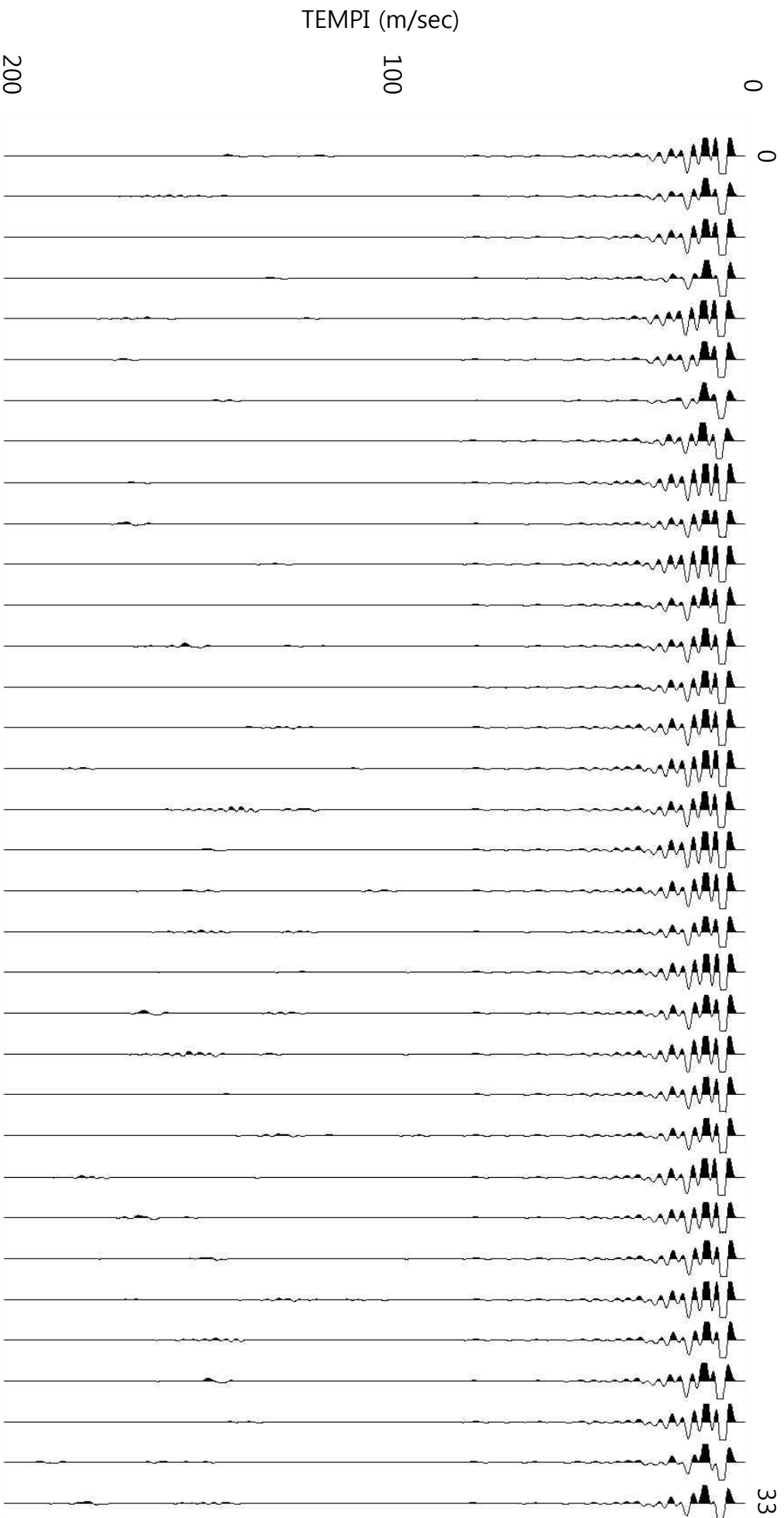
Novembre 2020

Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - Loc. Faella - Castelfranco Piantiscò (AR)

TRI+GEO

Sismogrammi bocca pozzo - Onde P

Profondità in m (da p.c.)



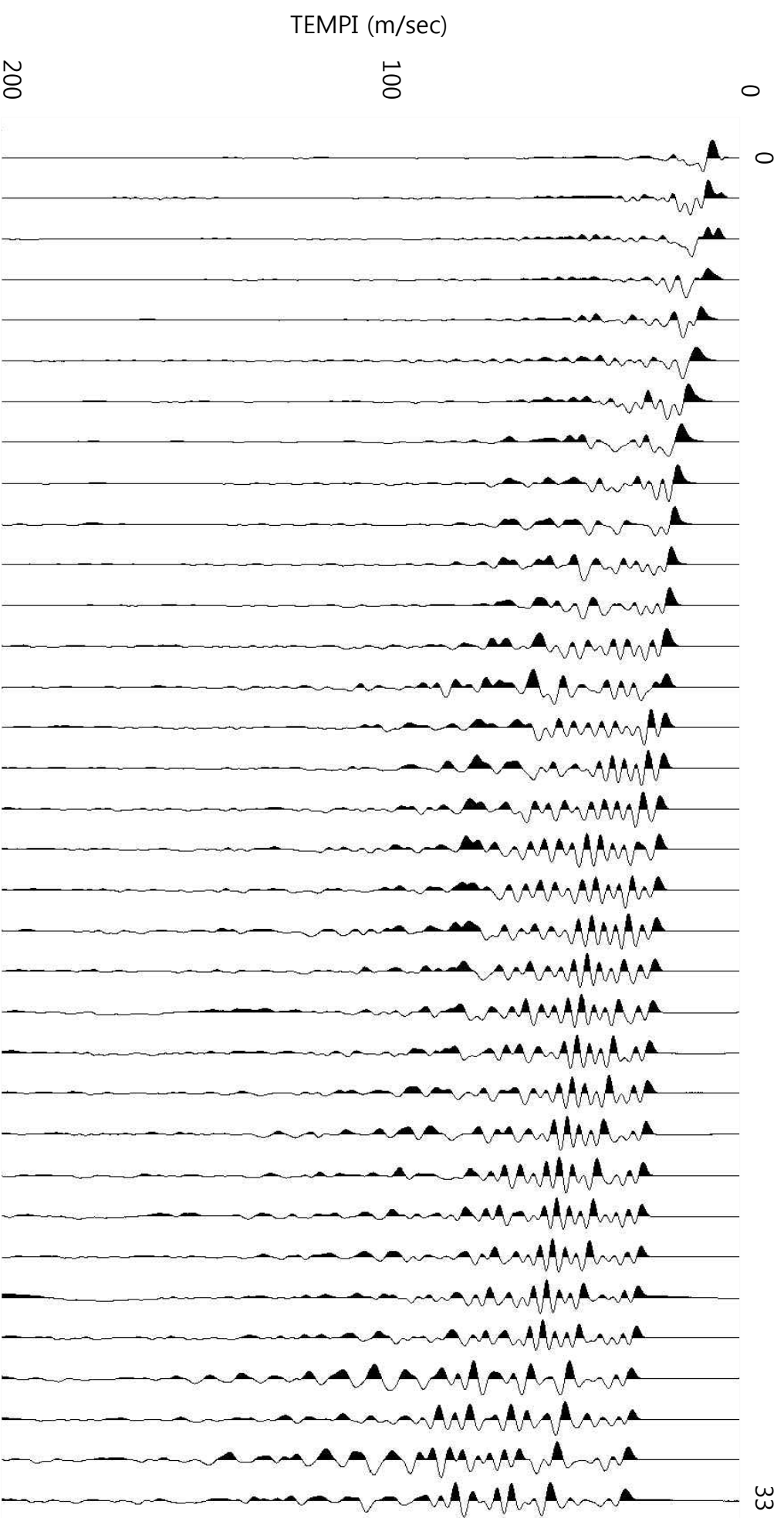
Novembre 2020

Tavola 03 - Sismogrammi bocca pozzo - Onde P

TRI+GEO

Sismogrammi Onde P

Profondità in m (da p.c.)

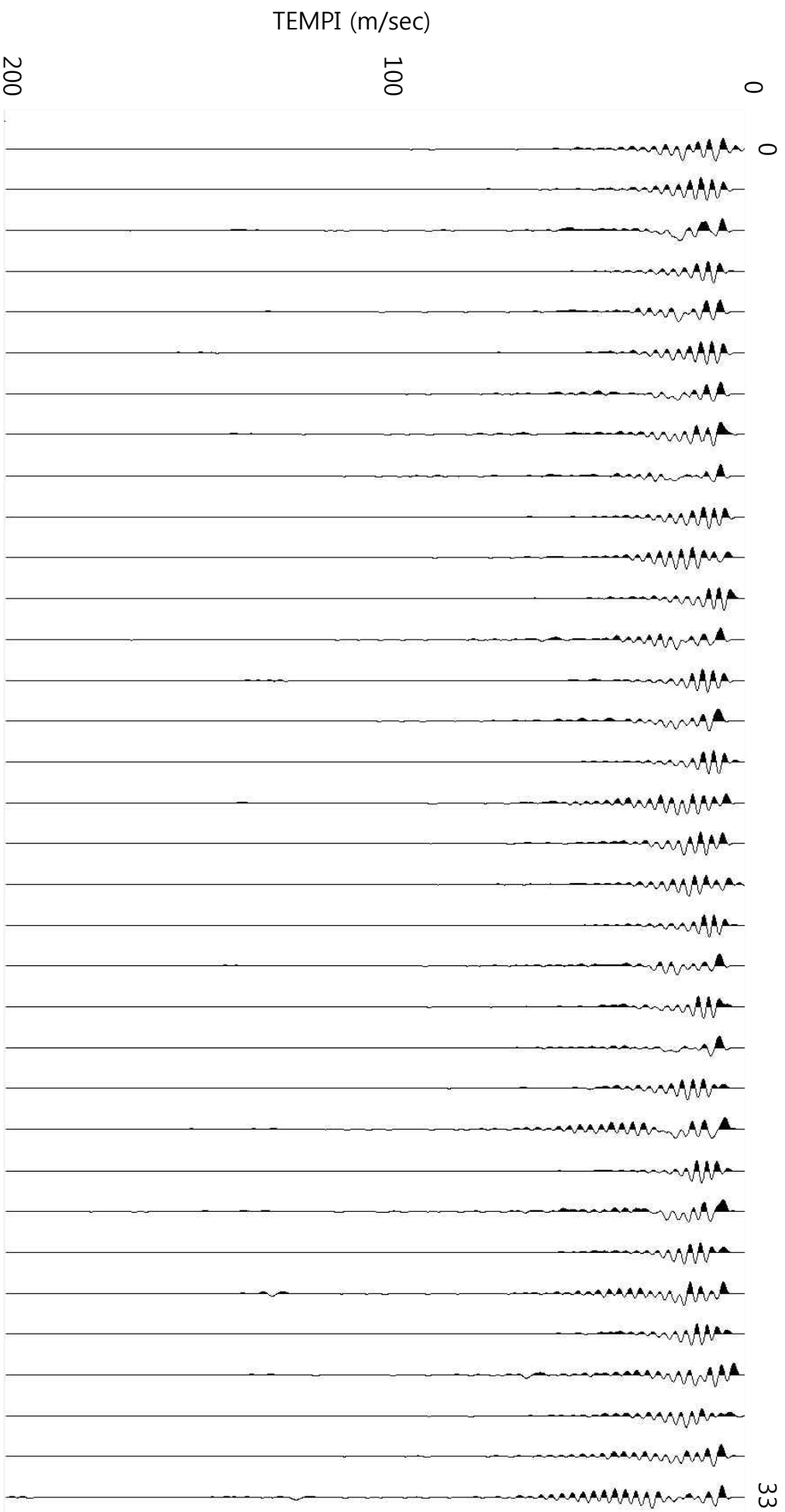


Novembre 2020

Tavola 04 - Sismogrammi onde P

Sismogrammi bocca pozzo - Onde S

Profondità in m (da p.c.)



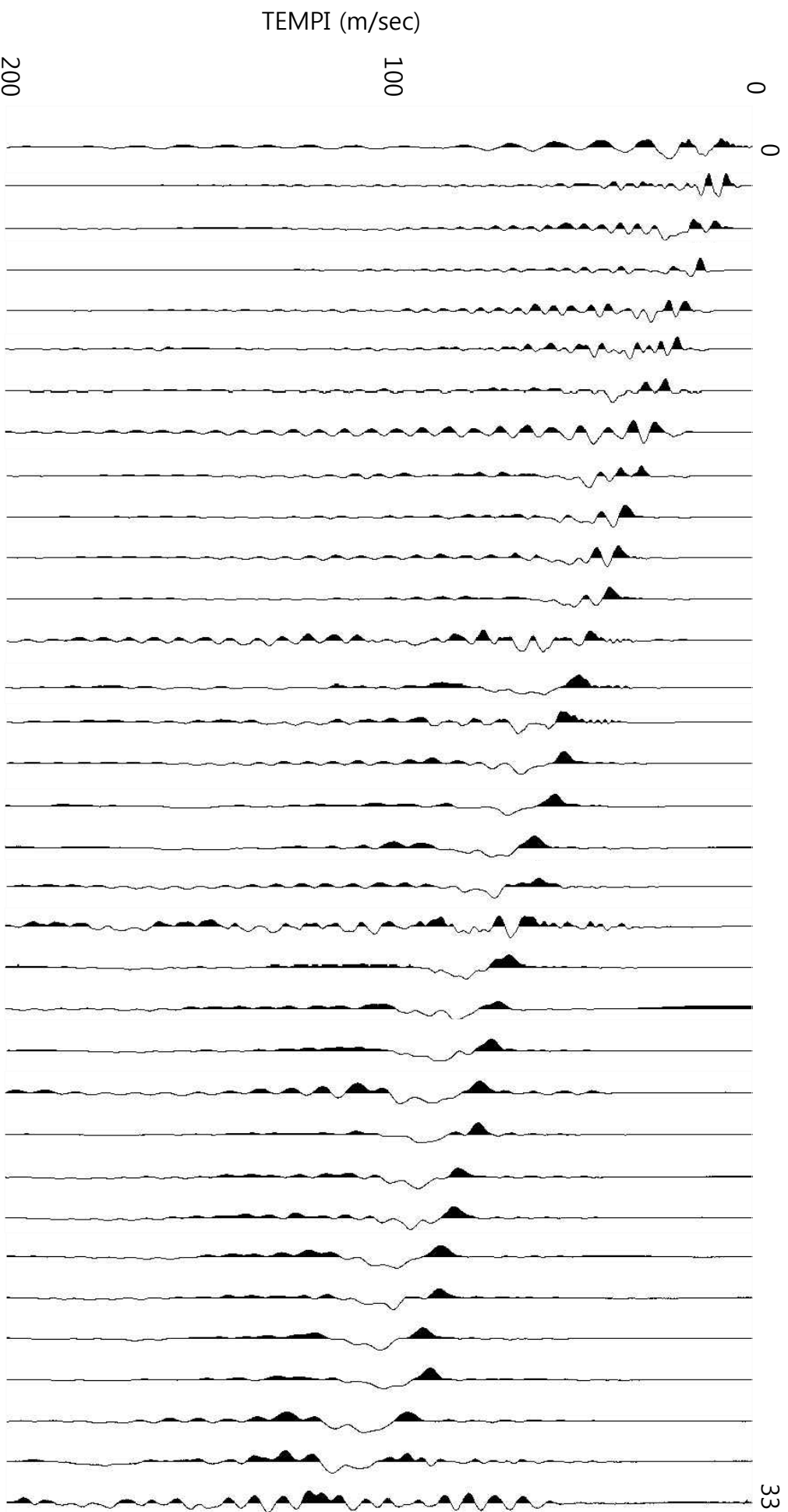
Novembre 2020

Tavola 05 - Sismogrammi bocca pozzo - Onde S

TRI+GEO

Sismogrammi Onde S

Profondità in m (da p.c.)



Novembre 2020

Tavola 06 - Sismogrammi onde S

TRI+GEO

TABELLA 1 – TEMPI ONDE P

ONDE P	Profondità	T start	Scarto	Tempi letti (mms)	Tempi corretti scarto	z/d	Tempi corretti dist	Tempi medi
	P (m)	(mms)		G1	G1		G1	(mms)
	0.0	3.36	0.04	3.31	3.35	0.000	0.00	0.00
	1.0	3.36	0.04	4.85	4.89	0.447	2.19	2.19
	2.0	3.36	0.04	4.88	4.92	0.707	3.48	3.48
	3.0	3.45	-0.05	6.12	6.08	0.832	5.06	5.06
	4.0	3.36	0.04	8.37	8.41	0.894	7.52	7.52
	5.0	3.45	-0.05	9.59	9.54	0.928	8.86	8.86
	6.0	3.45	-0.05	11.63	11.59	0.949	10.99	10.99
	7.0	3.72	-0.32	13.67	13.35	0.962	12.84	12.84
	8.0	3.45	-0.05	15.10	15.05	0.970	14.60	14.60
	9.0	3.45	-0.05	16.37	16.32	0.976	15.94	15.94
	10.0	3.54	-0.14	17.14	17.00	0.981	16.67	16.67
	11.0	3.54	-0.14	17.78	17.64	0.984	17.35	17.35
	12.0	3.45	-0.05	18.41	18.36	0.986	18.11	18.11
	13.0	3.54	-0.14	18.82	18.68	0.988	18.46	18.46
	14.0	3.54	-0.14	19.28	19.15	0.990	18.95	18.95
	15.0	3.54	-0.14	19.73	19.59	0.991	19.42	19.42
	16.00	3.54	-0.14	20.20	20.06	0.992	19.91	19.91
	17.00	3.36	0.04	20.61	20.65	0.993	20.51	20.51
	18.00	3.31	0.09	20.92	21.01	0.994	20.88	20.88
	19.00	3.13	0.27	21.53	21.80	0.995	21.68	21.68
	20.00	3.22	0.18	22.24	22.42	0.995	22.31	22.31
	21.00	3.22	0.18	22.55	22.73	0.995	22.63	22.63
	22.00	3.31	0.09	23.47	23.56	0.996	23.46	23.46
	23.00	3.31	0.09	23.88	23.96	0.996	23.87	23.87
	24.00	3.31	0.09	24.18	24.27	0.997	24.19	24.19
	25.00	3.31	0.09	25.10	25.19	0.997	25.11	25.11
	26.00	3.13	0.27	25.51	25.78	0.997	25.70	25.70
	27.00	3.13	0.27	26.02	26.29	0.997	26.22	26.22
	28.00	3.13	0.27	26.43	26.70	0.997	26.63	26.63
	29.00	3.36	0.04	27.12	27.16	0.998	27.10	27.10
	30.00	3.63	-0.23	28.30	28.07	0.998	28.01	28.01
	31.00	3.54	-0.14	28.66	28.52	0.998	28.46	28.46
	32.00	3.54	-0.14	29.38	29.25	0.998	29.19	29.19
	33.00	3.72	-0.32	29.89	29.58	0.998	29.52	29.52

TABELLA 2 – TEMPI ONDE SH

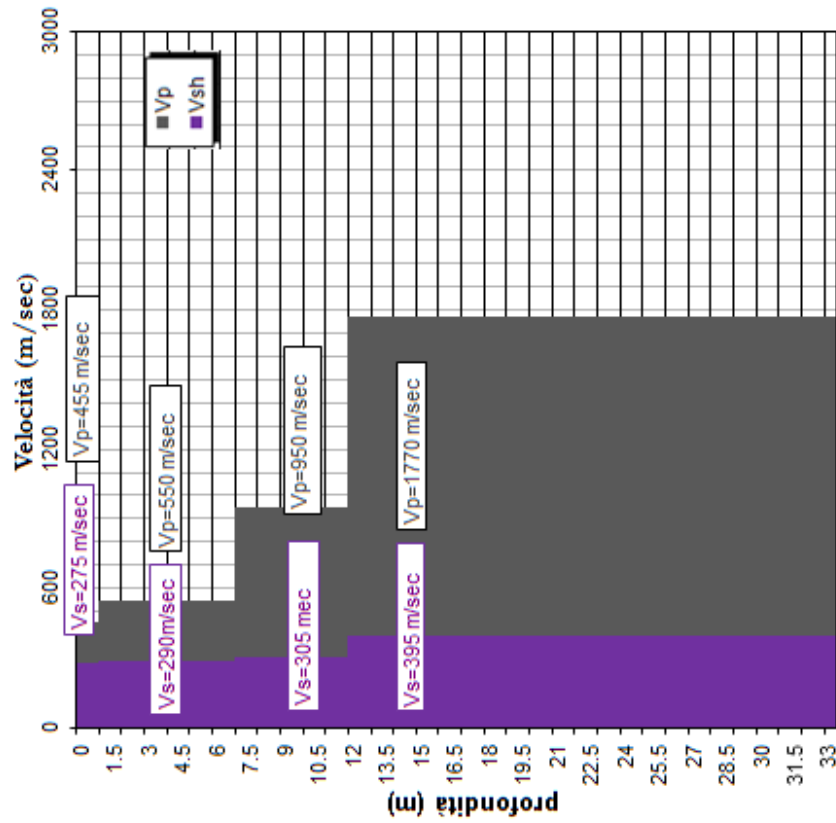
ONDE SH	Profondità	T start	Scarto	Tempi letti (mms)	Tempi corretti scarto	z/d	Tempi corretti dist	Tempi medi
	P (m)	(mms)		G1	G1		G1	(mms)
	0.0	5.67	-0.17	4.36	4.19	0.000	0.00	0.00
	1.0	5.71	-0.21	8.23	8.02	0.447	3.58	3.58
	2.0	5.90	-0.40	8.95	8.56	0.707	6.05	6.05
	3.0	6.62	-1.12	12.17	11.05	0.832	9.19	9.19
	4.0	6.71	-1.21	15.38	14.17	0.894	12.67	12.67
	5.0	5.80	-0.30	17.45	17.14	0.928	15.92	15.92
	6.0	6.21	-0.71	21.58	20.87	0.949	19.80	19.80
	7.0	6.12	-0.62	25.85	25.23	0.962	24.26	24.26
	8.0	6.30	-0.80	28.24	27.43	0.970	26.61	26.61
	9.0	5.26	0.24	31.45	31.69	0.976	30.94	30.94
	10.0	4.17	1.33	33.52	34.85	0.981	34.17	34.17
	11.0	3.54	1.96	36.50	38.46	0.984	37.84	37.84
	12.0	6.21	-0.71	40.98	40.27	0.986	39.72	39.72
	13.0	5.90	-0.40	44.03	43.63	0.988	43.13	43.13
	14.0	6.21	-0.71	46.37	45.66	0.990	45.20	45.20
	15.0	5.40	0.10	48.44	48.54	0.991	48.12	48.12
	16.00	5.08	0.42	51.19	51.61	0.992	51.22	51.22
	17.00	5.40	0.10	53.50	53.60	0.993	53.24	53.24
	18.00	4.53	0.97	54.87	55.83	0.994	55.49	55.49
	19.00	5.71	-0.21	58.31	58.10	0.995	57.78	57.78
	20.00	6.12	-0.62	61.52	60.90	0.995	60.60	60.60
	21.00	6.48	-0.98	64.25	63.27	0.995	62.98	62.98
	22.00	6.48	-0.98	66.12	65.13	0.996	64.86	64.86
	23.00	5.58	-0.08	69.33	69.25	0.996	68.99	68.99
	24.00	5.08	0.42	70.25	70.67	0.997	70.42	70.42
	25.00	5.08	0.42	74.63	75.05	0.997	74.81	74.81
	26.00	5.40	0.10	75.53	75.63	0.997	75.41	75.41
	27.00	5.58	-0.08	80.12	80.04	0.997	79.82	79.82
	28.00	5.58	-0.08	81.27	81.19	0.997	80.98	80.98
	29.00	4.85	0.65	84.25	84.90	0.998	84.70	84.70
	30.00	3.13	2.37	84.02	86.39	0.998	86.20	86.20
	31.00	4.35	1.15	88.15	89.30	0.998	89.12	89.12
	32.00	5.67	-0.17	90.68	90.51	0.998	90.33	90.33
	33.00	5.71	-0.21	93.20	92.99	0.998	92.82	92.82

TABELLA RIASSUNTIVA Vp – Vsh ; Vp/Vsh ; Coefficiente di Poisson

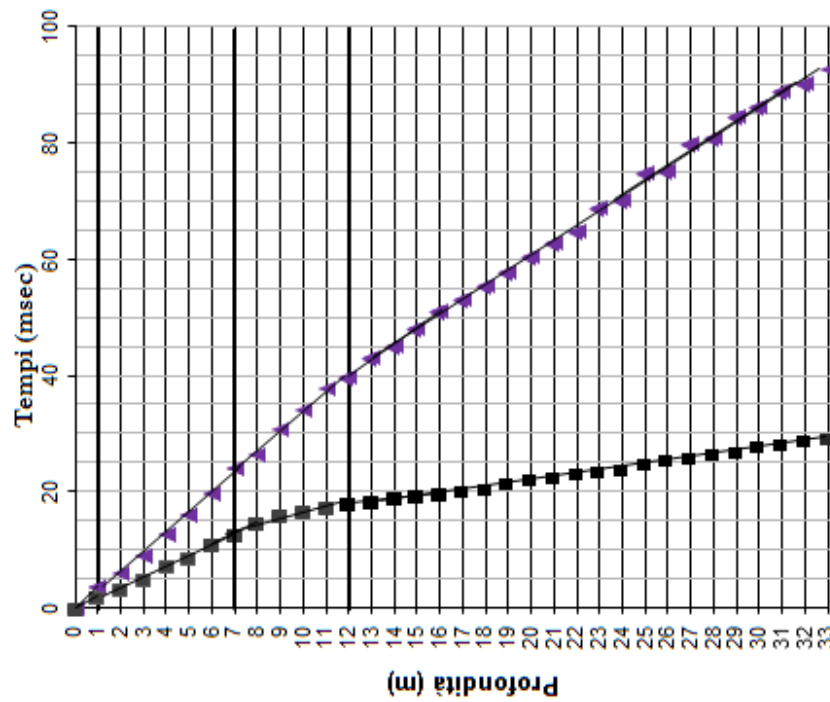
PARAMETRI	Profondità	Vp	Vs	VP/Vs	Poisson
		m/s	m/s		
	0.0				
	1.0	457	275	1.66	0.22
	2.0	605	290	2.09	0.35
	3.0	634	285	2.23	0.37
	4.0	505	287	1.76	0.26
	5.0	560	295	1.90	0.31
	6.0	555	258	2.15	0.36
	7.0	950	224	4.24	0.47
	8.0	960	310	3.10	0.44
	9.0	945	305	3.10	0.44
	10.0	965	300	3.22	0.45
	11.0	980	303	3.23	0.45
	12.0	990	305	3.25	0.45
	13.0	1880	395	4.76	0.48
	14.0	1790	398	4.50	0.47
	15.0	1810	400	4.53	0.47
	16.00	1770	410	4.32	0.47
	17.00	1658	398	4.17	0.47
	18.00	1810	391	4.63	0.48
	19.00	1900	397	4.79	0.48
	20.00	1820	396	4.60	0.48
	21.00	1920	405	4.74	0.48
	22.00	1700	400	4.25	0.47
	23.00	2000	399	5.01	0.48
	24.00	2100	394	5.33	0.48
	25.00	1985	370	5.36	0.48
	26.00	1730	397	4.36	0.47
	27.00	1690	399	4.24	0.47
	28.00	1600	385	4.16	0.47
	29.00	1790	392	4.57	0.47
	30.00	1810	390	4.64	0.48
	31.00	2191	395	5.55	0.48
	32.00	1740	396	4.39	0.47
	33.00	1820	396	4.60	0.48

GRAFICO 1 – Dromocorne ; GRAFICO 2 - sismostrati

VELOCITÀ SISMOSTRATI - GRAFICO 2



DROMOCRONE - GRAFICO 1



GRAFICI DISTRIBUZIONE Vp – Vsh – Vp/Vs – Poisson

